# Gedanken über das Bewegungsbild des atlantischen Raumes

Von

**Otto Ampferer**

ordentl. Mitglied d. Akad. d. Wiss.

(Mit 6 Textfiguren)

(Vorgelegt in der Sitzung am 20. Februar 1941)

Durch die Echolotungen der Deutschen Meteor-Expedition ist unsere Kenntnis der Bodengestaltung des Atlantischen Ozeans außerordentlich verbessert worden. Zugleich hat sich ein völlig unerwartetes Bild von unterseeischen Schwellen ergeben, welches das Interesse der Tektoniker in hohem Maße anspannen muß.

Anläßlich der Atlantistagung der Geologischen Vereinigung in Frankfurt am Main im Jänner 1939 fand unter Führung von Hans Cloos eine Aussprache zahlreicher an diesen Problemen beteiligter Forscher statt, welche zwar kein einheitliches Ergebnis lieferte, an dessen Stelle aber ein so reiches Material zusammentrug, wie es noch nie über diese Fragen in gleichem Umfang vereinigt war.

Heute liegen uns alle diese Beobachtungen und Meinungen in den 4 Atlantisheften von Bd. 30 der Geologischen Rundschau gesammelt vor und bilden so einerseits eine Übersicht über die vielseitigen Anstrengungen zur Entwirrung, die hier bereits geleistet wurden, und rufen anderseits auch zur Weiterforschung auf.

Wenn ich hier diesem Rufe folge, so kann ich unmittelbar an Überlegungen anknüpfen, welche ich im Jahre 1925 in der Zeitschrift „Die Naturwissenschaften, Verlag Springer, Berlin, 13. Jahrgang, Heft 31“ unter dem Titel „Über Kontinentverschiebungen“ veröffentlicht habe.

Ich hatte damals gegenüber der Westdrift der Wegenerschen Kontinentverschiebungen auf die Möglichkeit verwiesen, daß solchen Verschiebungen auch tiefere Unterströmungen im Erdinnern zugrunde liegen können. Die seitherigen Fortschritte in der Erforschung des Atlantisbodens scheinen mir zugunsten solcher Strömungen zu sprechen. Im folgenden möchte ich diese Deutung der Bewegungsformen näher begründen. Wie

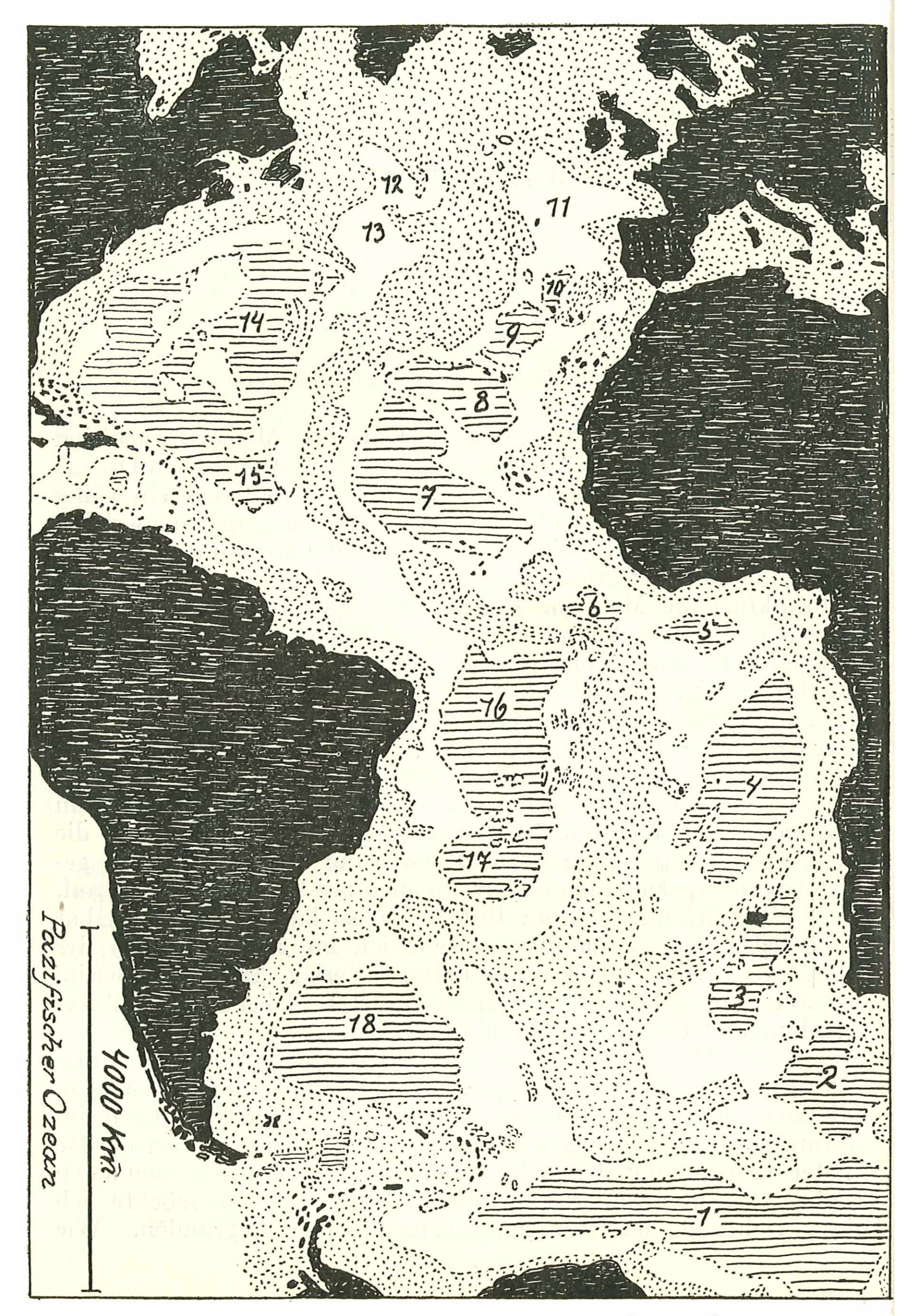



Fig. 1. Vereinfachte Kopie der Karte der Großgliederung des atlantischen Raumes von Georg Wüst in der Geol. Rundschau, Bd. 30, H. 1—2, S. 135.

(Zu Fig. 1.)

| | | |
|---|---|---|
| Schwarzes Gewebe | = | Kontinente und Inseln |
| Punktflächen | = | Meerestiefen 0—4000 *m* |
| Weiß | = | Meerestiefen 4000—5000 *m* |
| Schraffen | = | Meerestiefen > 5000 *m* |

Gliederung der Becken:

| | |
|---|---|
| 1 = Atlant.-Ind. Südpolar-Becken | 10 = Iberisches Becken |
| 2 = Agulhas-Becken | 11 = Westeuropäisches Becken |
| 3 = Kap-Becken | 12 = Labrador-Becken |
| 4 = Angola-Becken | 13 = Neufundland-Becken |
| 5 = Guinea-Becken | 14 = Nordamerika-Becken |
| 6 = Sierra Leone-Becken | 15 = Guyana-Becken |
| 7 = Kapverden-Becken | 16 = Nördl. Brasilianisches Becken |
| 8 = Südl. Kanaren-Becken | 17 = Südl. Brasilianisches Becken |
| 9 = Nördl. Kanaren-Becken | 18 = Argentinisches Becken |

Fig. 1 leicht erkennen läßt, wird die Großgliederung des Atlantisbodens durch eine langgestreckte Mittelschwelle besorgt, von der nach beiden Richtungen schmälere seitliche Rippen abzweigen. Auf diese Weise kommen nach Georg Wüst 18 Becken als Unterteilungen zustande.

Wahrscheinlich wird diese Zahl bei der zukünftigen Verdichtung der Lotungen noch weiter steigen. Die großen Formen dürften aber schon heute in ihren Umrissen erfaßt sein. Die Betrachtung dieser Großgliederung lehrt uns, daß wir hier vor einer Raumteilung stehen, welche von einer Halbierung ihren Ausgang nahm. Diese Halbierung stützt sich auf die gegenüberliegenden Umrisse von Europa und Afrika und Nord- und Südamerika.

Die Halbierung wird durch den Mittelrücken mit einer verhältnismäßig guten Annäherung vollzogen. Dabei ist zu bedenken, daß dieser über 15.000 *km* lange Rücken keine schmale, sondern eine breite Erhebung vorstellt.

Die Breite schwankt nach der Übersichtskarte 1 : 20,000.000 von 0 bis zu 1200 *km*. Die Durchschnittswerte der Überhöhung der seitlichen Bodenflächen der Becken betragen dabei nur zirka 3 *km*. Wir haben uns also den Mittelrücken als ein sehr langes, verhältnismäßig breites und wenig hohes Raumgebilde vorzustellen.

Die Abhängigkeit seines Verlaufes von den Uferumrissen des Atlantischen Ozeans ist unverkennbar und ein wichtiger und neuer Befund der Echolotungen der Meteor-Expedition. Wie kann nun eine solche weitgespannte Halbierung des atlantischen Raumes mit geologischen Mitteln ausgeführt werden? Vom Standpunkte der Wegener'schen Drifttheorie aus bleibt eine solche

Raumhalbierung unverständlich. Hätte sich Amerika lediglich von Europa—Afrika losgerissen und dann den Atlantisraum in Westdrift geschaffen, so wäre die Schöpfung eines solchen Halbierungsrückens nicht zu begreifen.

Eine derartige Raumteilung kann nur durch Kräfte bewirkt werden, welche nicht einseitig, sondern zentral von unten her angreifen. Ein Angriff von oben her kommt ja nicht in Betracht. Bei seitlichem Schube wäre nur Wulstbildung vor der Front des wandernden Kontinents zu erwarten, hinter demselben aber höchstens eine Streifung in der Bewegungsrichtung. Die Drifttheorie vermag hier nicht erklärend weiter zu helfen. Wohl aber gelingt dies der Unterströmungslehre, wie im folgenden abgeleitet werden soll.

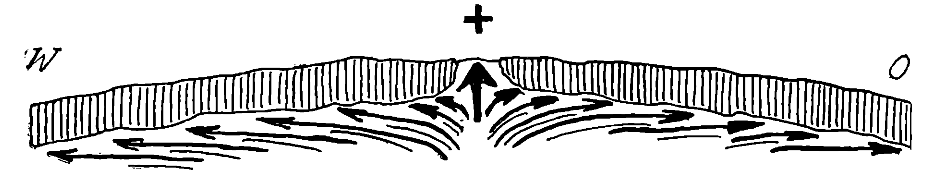



Fig. 2. Schema der Teilung einer Kontinentmasse durch eine aufsteigende Unterströmung und Abschub der Teile nach beiden Seiten. Bei + entsteht so der atlantische Mittelrücken, welcher die Halbierung der Teilung festhält.

Kommt, wie Fig. 2 schematisch andeutet, unter einer großen Kontinentmasse eine genügend starke und länger anhaltende aufsteigende Massenströmung zustande, so kann sie im Laufe der Zeit die Kontinentmasse durchbrechen und auseinander treiben. An der Stelle der Zerreißung wird zuerst ein Aufdringen tieferer Massen eintreten.

Dies ist die Geburt des zentralen Mittelrückens.

Bei der Verbreiterung der Zerreißung wird auch ständig eine Verbreiterung des Mittelrückens erfolgen. Schreitet nun von diesem Mittelrücken aus die Abschiebung der beiden Kontinentmassen ungefähr mit gleicher Geschwindigkeit fort, so bleibt bei diesem Spiel die Halbierungsstellung unseres Rückens auch weiterhin gewahrt. Bei dieser Art der Auftreibung des zentralen Mittelrückens ist es wahrscheinlich, daß derselbe aus einer Aneinanderreihung von schmäleren Rücken besteht, zwischen denen Einsenkungen bleiben. Eine solche Untergliederung des Mittelrückens wäre am einfachsten als eine Abbildung eines unregelmäßigen Massennachschubes aus der Tiefe zu verstehen. Es erhebt sich nun die Frage nach der Bedeutung der Quergliederung des atlantischen Raumes.

Am schönsten ist sie zwischen Afrika und Südamerika entwickelt. Die nächstliegende Deutung der Querschwellen ist, daß es sich ebenfalls um Aufstiegswege der Unterströmung handelt. Es ist aber auch möglich, daß Abflußwege vom Mittelrücken gegen die seitlichen Kontinente vorliegen. Zu einer sicheren Entscheidung reicht aber das bisher bekannte Detail der Abzweigungsstellen von dem Mittelrücken noch nicht aus.

Immerhin scheint mir z. B. die Abzweigungsstelle des Walfischrückens leicht im Sinne einer Auftriebsstelle deutbar zu sein. Dieser beträchtlich schmälere Rücken zeigt eine klare Zweiteilung und einen schön hakenförmig gekrümmten Anschluß an den Mittelrücken (südatlantischer Rücken). Die Verdoppelung des Rückens und der fein gebogene Anschluß an den Mittelrücken deuten wohl auf innere Zugehörigkeit und gleichen Grundbau hin.

Dies spricht dafür, daß auch die Querschwellen am leichtesten als Weglinien derselben Unterströmung aufzufassen sind, welche auch die Mittelschwelle geschaffen hat.

Wir haben uns der Vorstellung bedient, daß die Trennung von Nord- und Südamerika von Europa—Afrika durch eine Unterströmung bewirkt wurde, deren Aufstiegszone von dem zentralen Mittelrücken der Atlantis in Umrissen abgebildet erscheint. Die seitlichen Querschwellen können möglicherweise auch Aufstiegszonen der Unterströmung andeuten aus einer Zeit, in der die Atlantis bereits eine starke Verbreiterung erfahren hatte.

Die Auseinanderschiebung der Kontinente erfolgte also ziemlich symmetrisch von dem zentralen Mittelrücken aus in entgegengesetzter Richtung. Nord- und Südamerika wurde dabei gegen W, Europa—Afrika aber gegen O zu verschoben. Damit verkleinern sich die Wegstrecken der wandernden Kontinente ungefähr auf die Hälfte. Dabei ist allerdings angenommen, daß der zentrale Mittelrücken eine so lange Zeit hindurch seine Stellung gegen das Erdinnere festhalten konnte.

Der Unterschied gegen die Theorie von Wegener besteht also in einer Zuhilfenahme einer doppelseitigen Bewegung von dem atlantischen Mittelrücken aus.

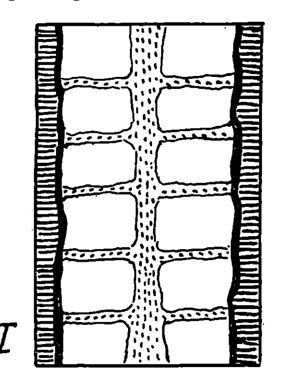
Folgt man der Auslegung von Wegener, daß die Kontinente aus leichteren Gesteinsmassen von zirka 2·6 spezifischem Gewichte auf einer schwereren Grundmasse von zirka 3 schwimmen, so würden die Kontinente etwa 53 *km* tief in diese Grundmasse eintauchen.

Benützen wir für den Weiterweg diese Annahme, so würde das bedeuten, daß unser atlantischer Mittelrücken aus mindestens

50 *km* Tiefe aufgestiegen sei. Das würde eine gewaltige Druckentlastung und damit auch eine tiefgreifende Materialveränderung bedeuten.

Betrachten wir auf Fig. 1 oder besser auf der Tiefenkarte 1 : 20,000.000 den Längsverlauf unseres Mittelrückens genauer, so nehmen wir wahr, daß der südatlantische Rücken durch Kartengeradlinigkeit ausgezeichnet ist. Dabei nimmt seine Breite von S gegen N beträchtlich ab. Der nordatlantische Rücken verbreitert sich im Gegensatz von S gegen N und zeigt dazu scharfe Krümmung.

Das verbindende Mittelstück mit seiner fast ostwestlichen Richtung zeigt nun auffallenderweise zwei tiefe Einsenkungen,



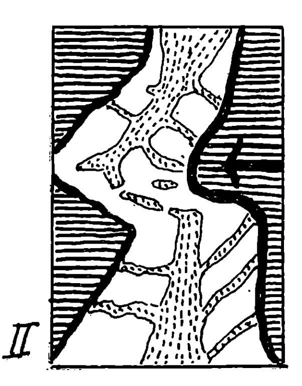



Fig. 3. Die ältere regelmäßige Raumgliederung des Atlantischen Ozeans = I wird später durch eine Wanderung von Afrika gegen W geknickt und gestört = II.

von denen die östliche, die Romanche-Rinne, bis 7370 *m* Tiefe hinabtaucht. Zugleich verkürzt sich hier der Abstand zwischen Afrika und Südamerika auf weniger als 3000 *km*.

Nimmt man diese Einsenkungen als Zeichen von Längszerrungen des Mittelrückens und beachtet zugleich das Herandrängen von Afrika gegen Südamerika, so erscheint eine Zusammengehörigkeit beider Vorgänge wirklich naheliegend, wie Schema Fig. 3 andeutet.

Durch einen kräftigen Vorstoß der Afrikamasse wurde der zentrale Mittelrücken gestreckt, vielleicht sogar zerrissen. Dieser Westvorstoß von Afrika muß aber jünger als die Bildung des Mittelrückens und der Querschwellen gewesen sein, da er ihre Struktur offenbar stört.

Im übrigen zeigen auch die Querschwellen (Kap-Schwelle— Walfisch-Rücken — Guinea-Schwelle — Liberia-Schwelle) starke

Schrägstellungen an, was ebenfalls auf jüngere Umformungen hindeutet, die wahrscheinlich zu derselben Westbewegung von Afrika gehören.

Wir kommen so zu der Einsicht, daß die ursprünglich wohl viel regelmäßigere Felderteilung des Atlantisbodens durch ein späteres Hereindrängen von Afrika ganz beträchtlich gestört worden ist. Hauptzeugen dieser jüngeren Felderstörungen sind die erwähnten Längsdehnungen, vor allem die Romanche-Rinne und die Abbiegungen von Kap-Schwelle—Walfisch-Rücken—Guinea-Schwelle—Liberia-Schwelle.

Auch mit dieser offenbar jüngeren Störung der alten Felderteilung sind die Bewegungsanzeichen des atlantischen Raumes noch lange nicht erschöpft. Vielmehr treten uns gerade die jüngsten und darum wohl die deutlichsten Strömungsbilder in der Umrandung des Karibischen Meeres und des Südantillen-Meeres entgegen.

Südamerika besitzt eine langgestreckte Dreiecksgestalt, deren Schmalspitze mit den Feuerlandsinseln und Kap Horn endet. Drei Gestaltungsmotive beherrschen diese Südspitze. Erstens eine schärfste Verschmälerung des Kontinents, zweitens eine ganz intensive Zerreißung und drittens eine kräftige Abbiegung gegen O.

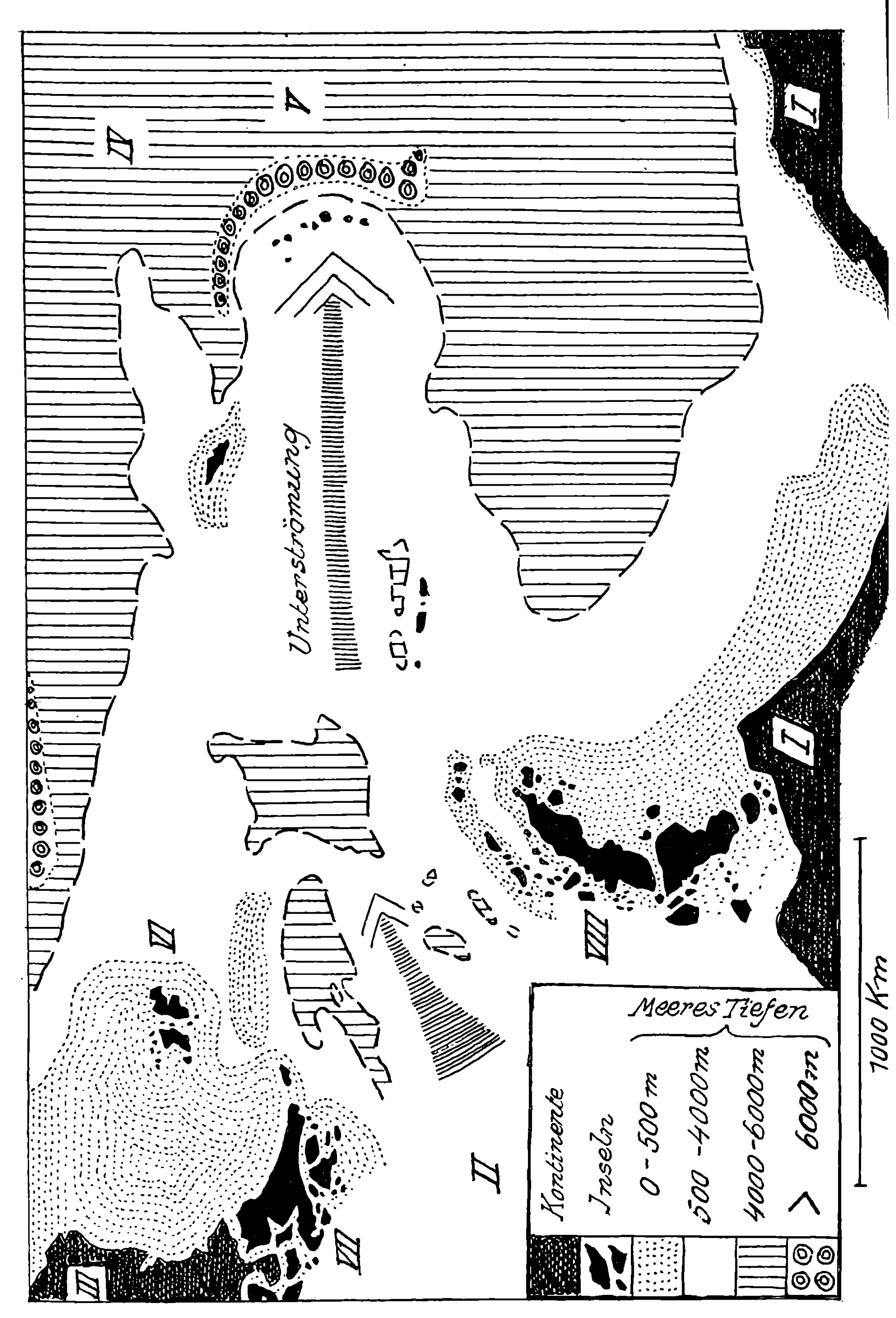
Dringen wir weiter gegen den Südpol vor, so begegnen wir am entgegenkommenden Ende der Antarktis im Grahamarchipel derselben Gestaltung, jedoch in spiegelbildlich vertauschter Raumlage.

Auch hier ist der antarktische Kontinent aufs schärfste zugespitzt, völlig zerrissen und gegen O zu kräftig abgebogen. Denkt man sich die Südspitze von Amerika und die Nordspitze der Antarktis wieder gerade gebogen, die zerrissenen Inseln zusammengelegt, so würde damit eine ziemlich geschlossene schmale Brücke zwischen diesen großen Landmassen hergestellt. Diese Verbindung wurde aber nicht nur zerrissen, sondern ihre Teile in den wunderbaren Bogen der Südantillen eingefügt.

Es gibt vielleicht auf der ganzen Erde keine zweite Anordnung, welche so klar und eindringlich für die machtvolle Gestaltungskraft der Unterströmungen spricht, wie das Bewegungsbild der Inselbogen zwischen Südamerika und Antarktis.

In Fig. 4 sind schematisch die Hauptbauelemente zusammengefügt.

Zwischen Südamerika und Antarktis wurde ein breites Tor geöffnet und die Torflügel vom Pazifik gegen die Atlantis zurückgeschlagen. Eine mächtige Unterströmung hat diese Tor-



Unterströmung
Meeres Tiefen
Kontinente
Inseln
0-500 m
500-4000 m
4000-6000 m
> 6000 m
1000 Km


Fig. 4.

(Zu Fig. 4.)

Fig. 4. Schematische Darstellung der Toröffnung zwischen Südamerika und Antarktis. Vortrieb des Südantillen-Bogens durch eine von W gegen O vordringende Unterströmung, deren Tiefertauchen von Verschluckungszonen angedeutet wird.

Vereinfachte Kopie nach der Übersichtskarte der Tiefenverhältnisse des Atlantischen Ozeans 1 20,000.000 von Georg Wüst und Theodor Stocks.

| | |
|---|---|
| I = Antarktis | V = Tiefseerinne |
| II = Pazifischer Ozean | VI = Falklandsinseln |
| III = Südamerika | VII = Feuerlandsinseln |
| IV = Atlantischer Ozean | VIII = Grahamarchipel |

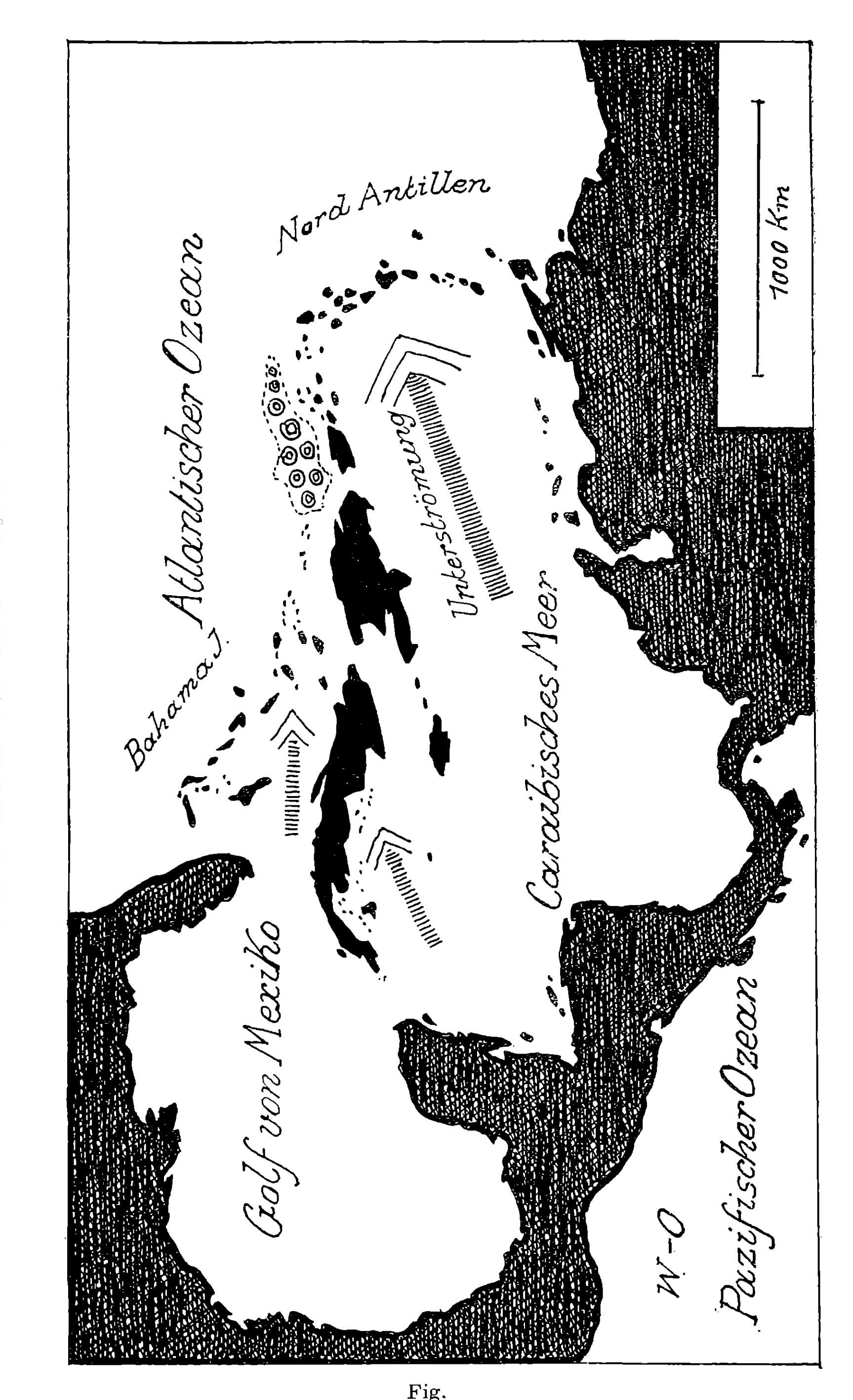
flügel ergriffen, sperrangelweit aufgerissen und viele Trümmer der ehemaligen Verbindung weit hinaus in den Atlantischen Ozean getrieben. Die Wirkung dieser Unterströmung erstreckt sich noch vom Kap Horn 2800 *km* in den atlantischen Raum hinein und endet dort mit dem Bogen der Südsandwichinseln.

Diese Endigung ist über Tag mit einem Bogen zerrissener Inseln, unterseeisch aber mit einem eng benachbarten Tiefseegraben bezeichnet. Hier ist die Unterströmung in die Tiefe gesunken und hat das Versinken mit einer Verschluckungsrinne angemerkt.

Diese Unterströmung stammt aus dem Raum des Pazifischen Ozeans und stellt eine Masseneinströmung gegen den Atlantischen Ozean vor. Diese Einströmung drang von W gegen O vor. Sie hat den südatlantischen Mittelrücken nicht mehr erreicht. Trotzdem haben wir eine gewaltige Störung der Felderteilung des atlantischen Raumes vor uns, wie schon Fig. 1 überzeugend lehrt. Dieses wunderbare Beispiel einer tiefen Einflußnahme von Seite des Pazifischen Ozeans gegen den Atlantischen steht nicht allein.

Auch zwischen Süd- und Nordamerika tritt uns eine gewaltige Unterströmung entgegen, die ebenfalls ungefähr von W gegen O erfolgt sein dürfte — Fig. 5. Die Verbindung zwischen Nord- und Südamerika ist aber nicht abgerissen, sondern nur sehr verschmälert worden, was ja auch den Durchstich des Panamakanals ermöglicht hat.

Es ist also hier zu keinem Aufreißen eines offenen Tores zwischen Pazifischem und Atlantischem Ozean gekommen. In den Raum zwischen Nord- und Südamerika sind zwei große und tiefe Meeresbecken eingesenkt, einerseits der Golf von Mexiko, anderseits das Karibische Meer. Beide Becken, besonders jenes des Karibischen Meeres, sind gegen den Atlantischen Ozean hin von Inselbögen begrenzt.



Bahama J.
Atlantischer Ozean
Golf von Mexiko
Nord Antillen
Unterströmung
Caraibisches Meer
W-O
Pazifischer Ozean
1000 Km


Fig.

(Zu Fig. 5.)

| | | |
|---|---|---|
| Schwarzes Gewebe | = | Kontinente |
| Schwarz | = | Inseln |
| Doppelringe | = | Tiefseerinne |
| Pfeile | = | vermutete Zugrichtung der Unterströmungen von W gegen O |

Der Inselbogen des Karibischen Meeres schließt im N an die drei großen Inseln Kuba—Jamaika—Haiti an, im S an die südamerikanische Halbinsel Guajira.

Dazwischen schwingt der schöne nördliche Antillenbogen weit in die Atlantis hinaus. Wunderbar ist die fortschreitende Verkleinerung der Inselkörper, ausgehend von der großen, langgestreckten Insel Kuba, zu verfolgen.

Ganz ähnlich wie bei dem südlichen Antillenbogen liegt auch hier wieder ein Tiefseegraben an die äußere Bogenfront angeschmiegt.

Der nördlichere Schweif der Bahamainseln knüpft sich an die Südspitze von Florida. Er enthält eine Reihung von kleinen Inseln und seine Bogenform ist weniger ausgebildet. Im großen gesehen, begleitet er den Nordantillen-Bogen, von dem er sich nicht weiter entfernt.

Versucht man dieses großartige Bewegungsbild, das zwischen Nord- und Südamerika ausgespannt liegt, aufzulösen, so wird man wohl die Einsenkungen des Golfes von Mexiko und des Karibischen Meeres als älteste Bauvorgänge bezeichnen müssen.

Erst durch diese großzügigen Senkungen ist für eine selbständige Entfaltung der Inselbögen der nötige Spielraum freigelegt worden.

Die Unterströmung, welche die Inselkette gliedweise zerriß und die Stücke in einen schönen Bogenreigen anordnete, war auch hier von W gegen O gerichtet und tauchte in den atlantischen Raum unter, auch hier mit dem Anzeichen einer Verschluckungszone.

Der Nordantillen-Bogen umkränzt dabei das Karibische Meer wie Endmoränen einen gewaltigen, langmächtigen Eisstrom. Der Vortrieb dieses Bogens von Honduras bis zur Tiefseerinne an der Antillenfront beträgt etwa 2400 *km*. Ähnliche Größenordnungen treffen wir auch für den Vortrieb des Südantillen-Bogens.

Überschauen wir kurz die bisherigen Befunde nach der Zusammenstellung von Fig. 6.

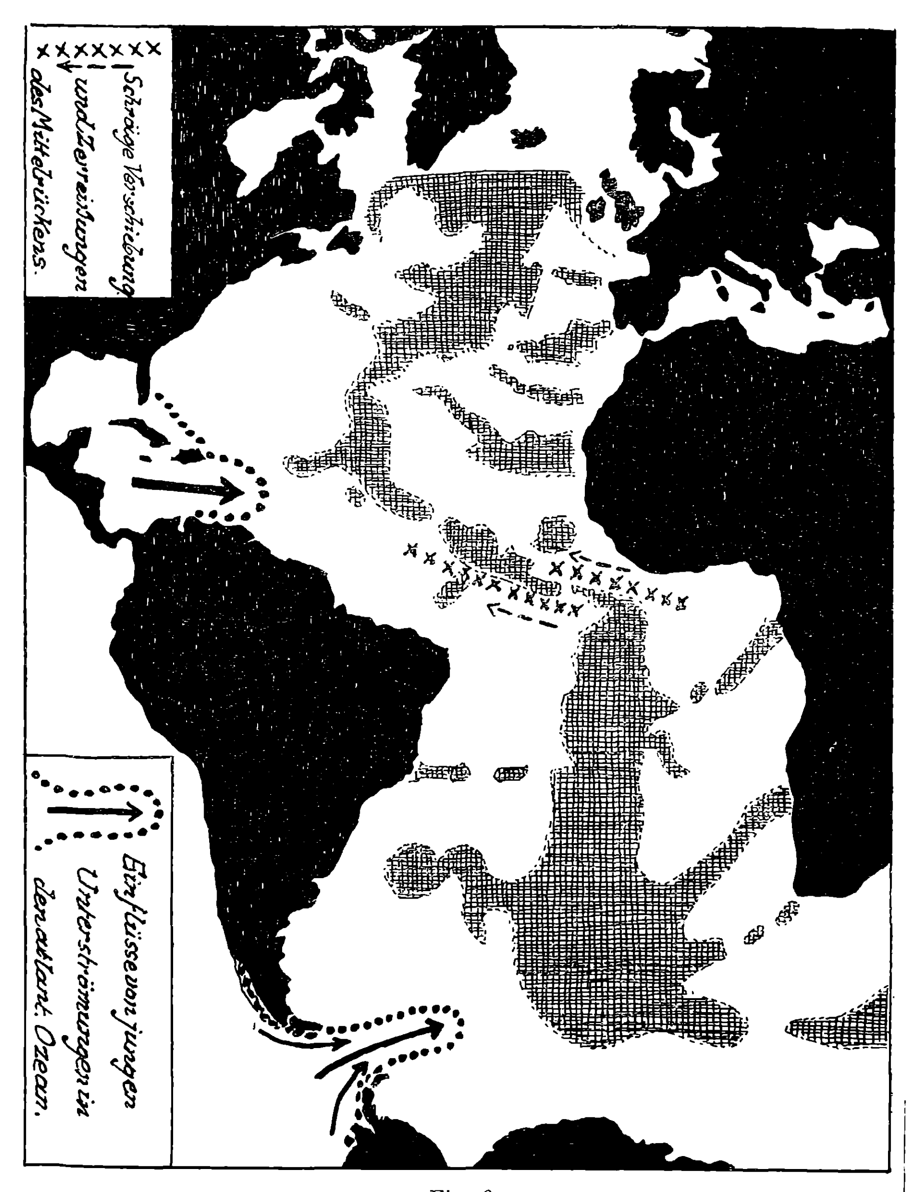



Fig. 6.

| | | |
|---|---|---|
| Schwarz | = | Kontinente und Inseln |
| Gitter | = | Atlantischer Mittelrücken und Seitenschwellen |
| Kreuzchenreihe | = | Querstörung durch Afrikabewegung gegen W |
| Punktreihen | = | Eindringungen von jungen Unterströmungen in den atlantischen Raum. |

Aus dem heute bekannten Bewegungsbild des atlantischen Raumes konnten wir drei verschiedenartige, verschieden gerichtete und verschieden altrige Bewegungen ablesen.

Es sind dies zuerst eine von unten aufsteigende und nach beiden Seiten abfließende Massenströmung, welche die Kontinentgruppe Europa und Afrika und Nord- und Südamerika zerteilte und auseinanderschob. Dabei wurde als Auftriebsscheitel der Zerspaltung der lange zentrale atlantische Mittelrücken geschaffen. Die daran hängenden Querschwellen können als ungefähr symmetrische Abfluß- oder Zuflußwege der aufsteigenden Massenströmungen betrachtet werden.

Der Mittelrücken stellt eine Halbierung des atlantischen Raumes vor. Eine weitere Unterteilung bewirken die seitlichen Schwellen. Es ist wahrscheinlich, daß die so hergestellte Felderteilung regelmäßiger war, als sie sich heute zu erkennen gibt.

Macht man diese Annahme, so gewinnt man die Möglichkeit, nach jeder ersichtlichen Störung der alten Felderteilung zu forschen. Wir haben bisher zwei Hauptstörungen der atlantischen Felderteilung ablesen können. Die ältere derselben besteht in einem von O gegen W gerichteten Vordrängen von Afrika gegen Südamerika, wodurch der zentrale Mittelrücken scharf abgeknickt, gedehnt und in der Romanche-Rinne geöffnet wurde. Als zugehörig dürften auch die Schrägstellungen von Kap-Schwelle — Walfisch-Rücken — Guinea-Schwelle — Liberia-Schwelle aufzufassen sein.

Endlich konnten noch die von W gegen O zielenden mächtigen Masseneinströmungen als jüngste Störungen in der Felderteilung der Atlantis erkannt werden, die uns von den kühnen Bogenstrichen der Süd- und Nordantillen verraten werden.

Hier wird auch klar, daß Kleinzerreißung des Festlandes, neue Reihung zu Bögen und enge Nachbarschaft zu Tiefseerinnen offenbar inneres Zusammenspiel bedeuten. Was kann nun den Kern und Antrieb eines solchen Zusammenspiels bilden? Aus den Treibmitteln der Erdrotation lassen sich derartige relativ kleine und in sich geschlossene Formenkreise unmöglich ableiten. Das erkennt man leicht, wenn man sich erinnert, daß die ganze Wirkung der Erdrotation auf die Erzeugung und Erhaltung einer sehr bescheidenen Abplattung der Erdkugel hinausläuft und die Kräfte der Mondanziehung auf das Herumrollen des Flutringes verbraucht werden.

Da bleibt für eine Erklärung wohl nur die Annahme von Strömungen im tieferen Untergrunde übrig.

Bei der Betrachtung der kantigen Umrisse der Kontinente kann man in Zweifel bleiben, ob dieselben durch Einbrüche der Meeresbecken entstanden seien, so wie noch E. Sueß angenommen hatte, oder ob es sich wirklich um Zerreißung von größeren Landmassen in kleinere handle.

Bei der Betrachtung der Inselbögen fällt die Entscheidung auf alle Fälle den Zerreißungen zu.

Es ist ausgeschlossen, daß bei einem Absinken eines Kontinentteiles eine Auflösung in so viele kleine Bruchstücke entsteht und von diesen gerade eine bogenförmige Auslese unmittelbar neben einem Tiefseegraben stehen bleibt.

Dieser Fall ist aber gar nicht so selten.

Wir haben hier die Bögen der Süd- und Nordantillen im Verhältnis zum atlantischen Raum besprochen. Weit reicher ist aber der Pazifische Ozean an ähnlichen Bögen. Hier treffen wir zwischen Nordamerika und Asien den großartigen Bogen der Alëuten. An der Ostseite von Asien reihen sich dann die Bögen der Kurilen, der Japaninseln, der Philippinen, der Andamen, der Sundainseln mit der prachtvollen Streckung von Java, die Inselkränze um die Bandasee, der Molukken, der Marianen, des Hawaiarchipels, der Karolinen, der Hebriden, der Inselschwärme, welche von Australien her in den Pazifischen Ozean hinausstrahlen.

Es ist hier nicht der Ort, um näher auf die wunderbaren Auflösungen der Kontinentmassen und ihre schwungvollen Neuordnungen im Zuge der Unterströmungen einzugehen. Wir gelangen damit zu der Einsicht, daß diese Inselbögen gleichsam abgerissene Randstreifen großer Kontinente vorstellen, welche in den Pazifischen und Atlantischen Ozean hinausgetrieben wurden.

Anscheinend haben dabei die riesigen Kontinentmassen den Unterströmungen großen Widerstand geleistet, so daß diese meist nur Randteile abzubröckeln und in die Ozeane hinauszutreiben vermochten.

Von diesem Standpunkte aus müßte Asien das stabilste Element der Kontinente vorstellen. Von seiner Riesenmasse müßten weiter die meisten Randteile abgerissen und abgetrieben worden sein.

Ein Blick auf den Globus überzeugt uns davon, daß diese Forderung vollauf erfüllt ist. Besonders von seiner Ostflanke hat in den Pazifischen Ozean hinaus eine ganz gewaltige Ausstrahlung von Randteilen und Teilchen stattgefunden. Es handelt sich aber nicht bloß um randliche Ablösungen vom Großkontinente, sondern vor allem um Kleinzerteilungen und Neuordnungen in

allerlei, oft höchst lebendige Bogenformen. Mit Hilfe der Lehre der Unterströmungen kann man hier noch weiter gehen.

Drängen Unterströmungen von unten her gegen einen großen Kontinent, so gelingt es ihnen am leichtesten, randliche Teile abzubrechen und in ihr Strömungsfeld einzuziehen. Hat der Kontinent einen rundlichen Umriß, so sind von vornherein alle Ränder für eine solche Abspaltung durch Unterströmungen gleich geeignet.

Zeigt der Kontinent aber einen eckigen Umriß, so erscheinen die vorspringenden Ecken gegen eine solche Absprengung von unten her am wenigsten geschützt. Besonders ausgesetzt sind aber so spitz zulaufende Kontinentenden, wie z. B. jenes von Südamerika. Hier hat aber auch die Zerreißung des Festlandes ein seltenes Ausmaß von Feingliederung erreicht. Hand in Hand mit dieser Zerreißung steht aber auch ein mächtiger Vulkanismus in Tätigkeit, so daß die Bezeichnung „Feuerland" ausgezeichnet gewählt ist.

Auch die ständige Verknüpfung von gewaltvollem Vulkanismus mit solchen Zerreißungszonen (Inselbögen) über die ganze Erde hin spricht klar genug für die rastlose Wirksamkeit der Unterströmungen.

Sehr wichtig ist auch der Befund, daß die Ablösung und weitere Abdriftung von Randteilen der Kontinente nicht etwa nach einer bestimmten Richtung vor sich geht. Dafür bietet wieder Asien das großartigste Beispiel, dessen abgerissene Randteile nach allen Weltrichtungen im Abströmen waren und vielleicht noch sind. Freilich ist die Strömung gegen SO zu bei weitem am großartigsten in Inselbögen und Feinzerteilungen ausgebildet.

Aber auch an der Nord-, West- und Südseite fehlt es nicht an abgespalteten und abgewanderten Teilstücken.

Im Gegensatz zu Asien sind Afrika und Australien weit besser abgerundet. Deshalb treffen wir hier auch viel weniger abgelöste und abgetriebene Randteile. Zur Erklärung dieser Vorgänge wird hier die Unterströmungslehre herangezogen. Dieselbe wurde vom Verfasser im Jahre 1906 als Erklärungshilfe der Entstehung der Faltengebirge aufgestellt. Wie hier gezeigt wurde, läßt sie sich auch mit Vorteil zur Erklärung der Kontinentverschiebungen und vor allem der Ausgestaltung der Inselbögen verwenden. Die Ereignisfolge von Kontinentabspaltungen, Verkleinerung von größeren Schollen zu Stückwerk, Neuformung zu Bögen, Nachbarschaft von Tiefseerinnen, Eingreifen von jungem, heftigem Vulkanismus kann mit Leichtigkeit auf die Rechnung von Unterströmungen gestellt werden.

Während bei der Gebirgsbildung im wesentlichen senkende Strömungen und damit Verschluckungen wirksam werden, dürften die Verschiebungen von Kontinenten, Randabspaltungen, Ausbildung von Inselbögen, vor allem von aufsteigenden Strömungen besorgt werden.

Über das Ausmaß der Unterströmungen sind wir erst in Umrissen unterrichtet. Im Falle des Durchbruches und der Einströmung zum Südantillen-Bogen dürfte die Länge der erkennbaren Unterströmung in der W-O-Richtung zirka 2800 *km*, bei einer Breite von etwa 600—800 *km* ausmachen. Auf einen ähnlichen Betrag kommt man auch bei der Abschiebung der Kontinentmassen von dem zentralen Mittelrücken der Atlantis. Hier ist aber mit einer ganz gewaltigen Breite der Unterströmung von vielleicht 14.000—16.000 *km* zu rechnen. Das würde aber schätzungsweise eine 20mal größere Breite als jene der Südantillen-Strömung bedeuten.

Möglicherweise ergibt sich auch aus der Auflösung dieser Riesenbreite der Unterströmung in neben- oder auch nacheinander erfolgte schmälere Nachbarströmungen eine Begründung für die Felderteilung des atlantischen Raumes. Im Gegensatz zu einem aus der Erdrotation abgeleiteten ständigen, gleichen Gesamtantrieb dieser Massenverschiebungen haben wir in den Unterströmungen nur Antriebe von kürzerer Wirkungszeit und Wirkungsweite. Hier ist Beginn, Anstieg, aber auch Erlöschen gegeben.

Dafür können Unterströmungen an allen Stellen der Erdoberfläche wirksam werden. Es sind auch kaum bevorzugte Richtungen zu erwarten. Außerdem ist ihre Wirkungsfähigkeit weit umfassender. Sie vermögen Hebungen und Senkungen, Verschluckungen, Gebirgsbildung, Zerreißungen, Wanderungen, Bogenbildungen und das ganze Wunderwerk des Vulkanismus in Gang zu bringen und auch wieder einzustellen.

Würde die Bewegung der Kontinente mit der Rotation der Erde zusammenhängen, so wären weit regelmäßigere und ständig vor sich gehende Massenordnungen entlang des Äquators zu erwarten. Davon kann man sich an jeder Zentrifugalmaschine überzeugen. Die Verteilung der Kontinente ist nicht auf solche Einflüsse zurückzuführen. Auch die Vielheit der Bewegungsrichtungen ist von der Rotation unabhängig. Eine große Schwierigkeit bereitet die zeitliche Einordnung und Reihenfolge der Unterströmungen.

Hier wurde zur Aufstellung einer Altersreihenfolge das Prinzip der Störungen der Felderteilungen benützt. Es hat zur Voraussetzung, daß die älteren Einteilungen im allgemeinen

regelmäßiger als die jüngeren waren und letztere also als Störungen der früheren Ordnungen erkennbar sind.

Diese Voraussetzung ist wahrscheinlich, aber nicht bewiesen. Es wäre auch denkbar, daß die jüngeren Bewegungen in den Bahnen der älteren verlaufen und diese nur weiter ausbauen.

Im Falle der Atlantis liegen die Verhältnisse aber so, daß sich drei ganz verschieden gerichtete Strömungen deutlich ablesen lassen. Bei der zeitlichen Beurteilung von Unterströmungen ist nicht zu vergessen, daß man es mit wenigstens zeitweise flüssigen oder erweichten, vielleicht sogar gasigen Zuständen der tieferen Massen zu tun hat.

Daher fehlen die scharfen Abgrenzungen des Festen sowohl hinsichtlich des Raum- als auch des Zeitbegriffes. Wir haben nur aus der Tiefe aufgestiegene Abbildungen vor uns, welche nur deshalb fest erscheinen, weil sie Festes zerrissen und gelenkt haben.

Bei den Inselbögen ist die Zerreißung und Biegung durch Unterströmungen am deutlichsten.

In gewisser Hinsicht erinnern sie an die gestreckten und zerrissenen „Belemniten" in den Bündner Schiefern der Schweiz. Auch die Inseln stecken in einer fließenden Grundmasse, die aber unserer Einsicht unzugänglich ist. Freilich können die Zerreißungen und Verbiegungen nicht älter sein als die jüngsten Schichten der zerrissenen Inseln. Das läßt aber einen weiten Spielraum im Vergleich mit den zerrissenen Belemniten, z. B. die ganze nachjurassische Zeit. Genauere Zeitangaben könnten nur Untersuchungen der Meeressedimente zwischen und um die zerrissenen Inseln herum liefern. Solche stehen aber derzeit meines Wissens noch aus.

Für die Niederschrift dieser Arbeit waren in erster Linie die schöne Übersichtskarte der Tiefenverhältnisse des Atlantischen Ozeans 1 : 20,000.000 von Georg Wüst und Theodor Stocks, in zweiter Linie die 4 Atlantishefte der Geologischen Rundschau von 1939 entscheidend.

Von den Forschern, deren Werke und Gedanken mich vielfach angeregt und geleitet haben, möchte ich in aller Kürze folgende erwähnen: E. Argand, H. Backlund, L. Becker, R. W. van Bemmelen, F. Bernauer, S. von Bubnoff, H. Cloos, H. Gerth, E. Hennig, H. Keidel, G. Kirsch, G. Knetsch, L. Kober, K. Leuchs, F. Nölke, R. Schwinner, R. Staub, W. Staub, A. R. Sonder, H. Stille, F. E. Sueß, H. de Terra, A. L. Du Toit, Waterschoot van der Gracht, A. und K. Wegener, Willis Bailey, G. Wüst.

Diese Liste hat keine Vollständigkeit. Sie entspringt auch keiner historischen Einstellung, sondern allein der Dankbarkeit im Rückschauen und der Lust zur Weiterforschung.

---